

VŠB-Technická univerzita Ostrava

Fakulta strojní

Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh korečku s vyměnitelnými břity pro  
kolesové rypadlo

Construction design of bucket with replaceable blades  
for wheel excavator

Student:

Roman Bišinger

Vedoucí bakalářské práce:

prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.

Ostrava 2012

VŠB - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra výrobních strojů a konstruování

## Zadání bakalářské práce

Student: **Roman Bišinger**  
Studijní program: B2341 Strojírenství  
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení  
Specializace: 10 Stroje pro těžbu a zpracování užitkových surovin  
Téma: Konstrukční návrh korečku s vyměnitelnými břity pro kolesové rýpadlo  
Construction Design of Bucket with Replaceable Blades for  
Wheel Excavator

Zásady pro vypracování:

- 1) Proveďte rešerši korečků velkostrojů
- 2) Proveďte konstrukční návrh korečku s vyměnitelnými břity o obsahu korečku 1300 l
- 3) Proveďte základní výpočet teoretické výkonnosti pro rýpadlo s 15 korečky a otáčkami kola 4,5 až 6 ot•min-1
- 4) Proveďte detailní výkres úchyty zubu

Seznam doporučené odborné literatury:

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.

ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, 2007. 48 s

GONDEK, H., ŠEVČÍK, A. *Stroje pro těžbu a zpracování užitkových surovin I*, Vydala: VŠB – TU Ostrava, Ostrava 2006, 102 s. ISBN 80- 248- 1040 - 9

BOLEK, A., KOCHMAN, J., et.al.: *Části strojů – 1. svazek*. 5. vydání I, Praha. SNTL – Nakladatelství technické literatury, n. p., 1989, 775 s. ISBN 80-03-00048-7.

DROBNÝ, J. *Dálková pásová doprava, I*, SNTL Praha 1970. 153 S.

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.**

Datum zadání: 16.12.2011

Datum odevzdání: 21.05.2012

doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář  
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci včetně všech příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 21. 5. 2012


  
.....

Podpis studenta

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́домі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́домі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 21. 5. 2012

  
.....  
podpis studenta

Roman Bišinger  
Chomutovská 1282  
Kadaň  
432 01

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

BIŠINGER, Roman. *Konstrukční návrh korečku s vyměnitelnými břity pro kolesové rýpadlo: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2012, 49 s. Vedoucí práce: prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.

Bakalářská práce je zaměřena na dobývací orgány kolesových rýpadel včetně analýzy rozpojování a technologii dobývání. Obsahuje rešerši korečků kolesových rýpadel a výpočet teoretické výkonnosti pro zadané hodnoty.

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

BIŠINGER, Roman. *Construction Design of Bucket with Replaceable Blades for Wheel Excavator: Bachelor Thesis*. VŠB - Technical University of Ostrava, Faculty of Engineering, Department of Production Machines and Design, 2012, 49 p. Thesis head: prof. Ing. Horst Gondek, DrSc.

The thesis is focused on the mining bodies of bucket wheel excavators, including analysis of disintegration and extraction technology. It includes bucket wheel excavators search and calculation of the theoretical performance for the specified value.

## Obsah

Seznam použitého označení.....	3
Úvod .....	4
1. Analýza procesu rozpojování.....	5
1.1 Mechanické vlastnosti hornin.....	6
1.2 Způsoby primárního rozpojování hornin: .....	8
1.3 Mechanické rozpojování .....	10
Procesy probíhající při práci zubu vertikálního nože: .....	12
Procesy probíhající při čelním řezání pomocí horizontálního nože: .....	13
2. Kolesová rypadla.....	17
2.1 Historie a vývoj kolesových rypadel .....	18
2.2 Technologie dobývání kolesovými rypadly .....	19
Postup při návrhu dobývacího ústrojí: .....	21
Teorie gravitačního vyprazdňování .....	22
2.3 Konstrukce koles .....	23
Komorová kolesa.....	24
Bezkomorová kolesa.....	25
Polokomorová kolesa .....	25
2.4 Uložení kolesa v konstrukci špičky kolesového výložníku .....	26
2.5 Přenos krouticího momentu od pohonu na koleso .....	26
Pohon ozubeným věncem .....	27

Pohon kola přes středovou hřídel .....	28
2.6 Korečky .....	29
Hlavní části konstrukce korečku: .....	31
2.7 Geometrie pracovních břitů .....	35
2.8 Výpočtové vztahy pro kolesová rypadla .....	38
Teoretická výkonnost kolesových rypadel: .....	41
2.9 Výpočet teoretické výkonnosti pro zadané hodnoty: .....	42
3 Závěr .....	43
Použitá literatura .....	44
Seznam příloh .....	44

## Seznam použitého označení

Označení	Jednotka	Význam
b	[m]	šířka třísky v ose postupu stroje
D	[m]	průměr kola
$F_r$	[kN]	rozpojovací síla
$F_{stc}$	[kN. m <sup>-1</sup> ]	rozpojovací síla na délkový metr řezné hrany
h	[m]	hloubka řezání
$H_1$	[m]	kritická hloubka
$h_k$	[m]	kritická hloubka vylamování
$h_t$	[m]	výška třísky, tj. lávky ( $h=(0,5-0,65)$ průměru kola)
$h_z$	[m]	výška zdvihu těživa do místa výsypu
$k_f$	[kN. m <sup>-1</sup> ]	měrný rozpojovací odpor hornin
$k_n$	[-]	koeficient nakypření těživa
$L_s$	[m]	střední délka řezných hran v záběru
n	[min <sup>-1</sup> ]	otáčky kola
$n_v$	[min <sup>-1</sup> ]	počet výsypů
P	[kW]	výkon pohonu kola
$P_r$	[kW]	výkon pro rozpojení horniny
$P_z$	[kW]	výkon potřebný pro vyzvednutí těživa do místa výsypu
Q	[m <sup>3</sup> s. z. h <sup>-1</sup> ]	hodinová výkonnost
q	[m <sup>3</sup> ]	objem výsypu
$q_k$	[m <sup>3</sup> ]	objem korečku
$q_m$	[m <sup>3</sup> ]	objem mezikruží
$Q_t$	[m <sup>3</sup> s. z. h <sup>-1</sup> ]	teoretická výkonnost kolesových rypadel
r	[m]	poloměr zaoblení korečku
s	[m]	počet výsypů
$s_t$	[m]	tloušťka třísky v ose postupu stroje
v	[m. s <sup>-1</sup> ]	obvodová rychlost kola
$v_o$	[m. s <sup>-1</sup> ]	rychlost otoče v ose postupu stroje
$z_k$	[-]	počet korečků
$\alpha$	[°]	úhel hřbetu
$\beta$	[°]	úhel břitu
$\gamma_o$	[t.m <sup>-3</sup> ]	objemová hmotnost horniny
$\delta$	[°]	úhel řezu
$\varepsilon$	[rad]	úhel záběru kola
$\eta_c$	[-]	mechanická účinnost kola
$\varphi$	[°]	sklon smykových ploch
$\varphi_n$	[°]	úhel natočení kolesového výložníku



## ÚVOD

Koleso osazené korečky je hlavním dobývacím orgánem kolesových rypadel. Kolesová rypadla jsou značně komplikovaná zařízení, a proto bych se rád zaměřil kromě popisu korečků i na kolesová rypadla včetně jejich dalších konstrukční části, které přímo souvisí s problematikou rozpojování a na tvar a konstrukci korečků mohou mít vliv.

Stejně tak bych do práce rád začlenil i analýzu rozpojování materiálu a technologii dobývání, protože nedílnou součástí problematiky je i geometrie břitu nástrojů a jejich vzájemné účinky se zeminou. Snahou je dostatečně obsáhnout zadané téma.

V poslední části se zaměřím na výpočet teoretické výkonnosti pro zadané hodnoty a navrhovaný koreček.

# 1. ANALÝZA PROCESU ROZPOJOVÁNÍ

Na rozpojitelnost hornin mají vliv úložné poměry, mocnost vrstev, jejich směr a sklon vzhledem ke hloubení, hustota, rozpukání a stupeň zvětrání horniny. Dále je třeba brát v úvahu i vlivy klimatu, zvláště posuzuje-li se rozpojitelnost horniny s odstupem po delším časovém období nebo v období mrazů.

Tabulka 1 Typické vlastnosti vybraných hornin[1]

Hornina	Objemová hmotnost rozpojené horniny $\rho_n$ (kg.m <sup>-3</sup> )	Objemová hmotnost rostlé horniny $\rho_r$ (kg.m <sup>-3</sup> )	Koeficient nakypření $k_n$	Koeficient zhutnění $k_z$	Vlhkost horniny v rostlém stavu (%)
Čedič	1960	2900	1,47	0,7	
Hlína	1600	1920	1,2	0,8	22
Jíl	1660	1909	1,15	0,9	
Písek vlhký	1840	2100	1,14	0,95	40
Suchý písek	1420	1620	1,14		20
Pískovec	1510	2400	1,6		18
Štěrk	2020	2700	1,34	0,6	
Žula	1660	2750	1,65		
Vápenec	1540	2710	1,75		

Pro vhodnost nasazení strojního zařízení a potřebné technologie je proto potřeba vždy již předběžně určit rozpojitelnost hornin v místě těžby.

Rozpojování hornin je ovlivněno třemi faktory, a to:

1. Technologií práce
2. Druhem a vlastnostmi horniny
3. Parametry nástroje

## 1.1 Mechanické vlastnosti hornin

### Kypřitelnost

Vlivem rozpojování dochází ke zvětšování původního objemu a ve stejném poměru i ke snížení objemové hmotnosti. Poměr objemu rozpojené (nakypřené) horniny k objemu horniny v rostlém stavu vyjadřuje koeficient nakypření  $k_n$ . Jeho hodnota závisí na způsobu dobývání a druhu dobývané horniny, průměrná hodnota se pohybuje v rozmezí 1,1-1,5.

### Tření horniny o ocel

Tření horniny o ocel se vyjadřuje součinitelem tření horniny o ocel  $f_2$  (viz tab. 2), který je závislý na stavu obou kontaktních materiálů, rychlosti vnikání břitu do horniny, specifickém tlaku atd. Velikost tohoto tření ovlivňuje především efektivnost rozpojování.

Tabulka 2 Průměrné hodnoty součinitele tření hornin o ocel  $f_2$ [1]

Ocel, stav povrchu	Hornina hlinito-písčítá	Křemičitý písek	Hornina písčito-hlinitá	Humus	Stav horniny
Leštěná ocel	0,45	0,526	0,63	0,45	vlhká
Neopracovaná ocel	0,48	0,559	0,78	0,52	vlhká
Leštěná ocel	0,33	0,445	0,36	0,36	suchá
Neopracovaná ocel	0,41	0,471	0,50	0,43	suchá

### Smyková pevnost

Při rozpojování dochází vlivem vnikání nástroje do horniny k narůstání prostorového stavu napětí. Po překročení mezní hodnoty, která odpovídá smykové pevnosti, dojde k usmýknutí odřezávané třísky. U soudržných hornin je smyková pevnost jiná než u hornin nesoudržných.

U nesoudržných (písčitých) hornin závisí pevnost ve smyku na tření mezi zrny, které je dáno úhlem vnitřního tření horniny  $\varphi_1$  (viz tab. 3). Pro vyjádření pevnosti ve smyku  $\tau$  u nesoudržných hornin se používá Coulombova rovnice ve tvaru:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \quad [Pa] \quad [1.1]$$

kde:  $\varphi_1$

$\sigma$  - normální zatížení působící na plochu porušení [Pa]

$\varphi_1$  - úhel vnitřního tření horniny

Tabulka 3 Průměrné hodnoty úhlů vnitřního tření  $\varphi_1$  nesoudržných hornin[1]

Popis horniny	Nakypřený stav	Ulehlý stav
Jemné písky s oblými zrny	28°	35°
Písky různorodé	32°	40°
Písky různorodé ostrohranné	35°	45°
Štěrk	35°	50°

Smyková pevnost se u nesoudržných hornin neurčuje laboratorně, ale zjednodušeně podle úhlu přirozeného sklonu (viz tab. 4), který zhruba odpovídá úhlu vnitřního tření.

Tabulka 4 Úhly přirozených sklonů horniny[1]

Druh horniny	Stav horniny	Úhel přirozeného sklonu (°)
Písek	suchý	35 - 40
Písek	vlhký	40
Písek	mokrý	25
Písčito-hlinitá hornina	suchá	40 - 50
Písčito-hlinitá hornina	vlhká	30 - 40
Písčito-hlinitá hornina	mokrá	20 - 30
Štěrk	suchá	35 - 40
Štěrk	mokrá	25

Smyková pevnost u soudržných hornin závisí na součiniteli vnitřního tření  $f_1$  a na kohezi (soudržnosti) horniny  $c$ . Je tedy závislá i na třecí síle mezi částicemi a normálním tlaku i na vnitřních soudržných silách. Velikost smykové pevnosti soudržných hornin se určuje laboratorně na smykových přístrojích. Pro smykovou pevnost soudržných hornin má Coulombova rovnice tvar:

$$\tau = \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 + c = \sigma \cdot f_1 + c \quad [Pa] \quad [1.2]$$

kde:

$\sigma$  - normální zatížení působící na plochu porušení [Pa]

$f_1$  - součinitel vnitřního tření (viz tab. 5)

$c$  – soudržnost horniny (viz tab. 5)

Tabulka 5 Hodnoty úhlů vnitřního tření a soudržnosti pro soudržné horniny[1]

Popis horniny	Úhel vnitřního tření $\varphi_1$ (°)	Soudržnost $c$ (°)
Suché spraše	20 - 35	$(0,1 - 0,3) \cdot 10^5$
Mokré jíly	1 - 3	
Vlhké jíly	méně jak 25	$(0,2 - 0,4) \cdot 10^5$
Suché jíly	méně jak 28	$(1 - 2) \cdot 10^5$
Pevné jíly	30	$(3 - 5) \cdot 10^5$

## 1.2 Způsoby primárního rozpojování hornin:

**1)Mechanické rozpojování**-nejrozšířenější způsob rozpojování. Pracovní nástroj působí přímo na horninu. Až 90% všech těžených hornin se dobývá právě mechanicky. Měrná spotřeba energie cca  $0,05-0,3 \text{ kWh.m}^{-3}$ , pro těžbu hůře rozpojitelných hornin bez nakypření je potřeba i vyšších tlaků, což sebou nese i nárůst spotřeby na  $3-4 \text{ kWh.m}^{-3}$ .

Podle použité technologie lze mechanický způsob rozpojování rozdělit na:

- **Řezání**-od horninového masivu je nožem odřezávána tříska horniny, používá se u strojů pro dobývací práce.
- **Vrtání**-k rozpojování dochází v důsledku otáčení nástroje, jako proces rozpojování je vrtání zejména přípravnou fází u rozpojování odstřelem.

**2)Hydraulické rozpojování**-využívá kinetické energie proudu vody pro rozpojování a nezřídka i vlastní dopravě těživa-tzv. hydromechanizační způsob. Nástroj, který provádí hydraulické rozpojování, se nazývá hydromonitor, při těžbě z vody se používá sacích čerpadel. Hydromonitor přivádí do místa těžby tlakovou vodu o vysoké rychlosti

(pracovní tlaky se pohybují mezi 0,6-1 MPa). Měrná spotřeba energie je u tohoto způsobu 0,2-2 kWh.m<sup>-3</sup>. Asi 7% těžby probíhá hydraulickým způsobem.

Na jednotku výkonu se jedná o relativně levné a nenáročné řešení, nevýhodou je vysoká spotřeba vody a velká závislost efektivnosti způsobu těžby na fyzikálně-mechanických vlastnostech horniny.

**3)Explozivní rozpojování**-využívá přetlaku plynu vzniklého explozivním prohořením třaskavin. Při výbuchu třaskavin dochází k vývinu vysoké teploty a tvorbě velkého objemu horkých plynů, které svým rozpínáním konají mechanickou práci. Používá se při rozpojování skalních masívů, popř. jako doplňkové rozpojování při kontinuální technologii dobývání. Spotřeba energie je 0,8-1,1 kWh.m<sup>-3</sup>.

Do předem vyvrtaných otvorů se umístí nálože. Podle požadované technologie těžby se odvíjí i rozmístění jednotlivých náloží.

Ačkoli je samotný proces rozpojování časově krátký, předchází mu značné množství přípravných prací. V neposlední řadě je používání trhavin spojené s řadou přísných bezpečnostních předpisů a opatření. Podíl na celkovém dobývání je asi 2%.

**4)fyzikální rozpojování**-použití ultrazvuku, vysokých teplot nebo vibrací k porušení povrchové vrstvy na drobné částice.

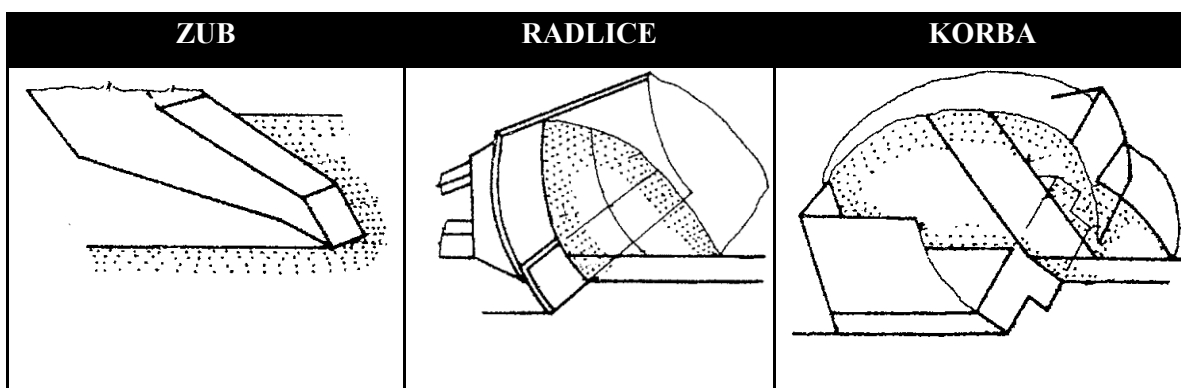
**5)chemické rozpojování**-převedení těživa do tekutého nebo plynného stavu.

Fyzikální a chemické rozpojování je spíše ve stadiu experimentální technologie a jejich podíl na těžbě je do 1%.

### 1.3 Mechanické rozpojování

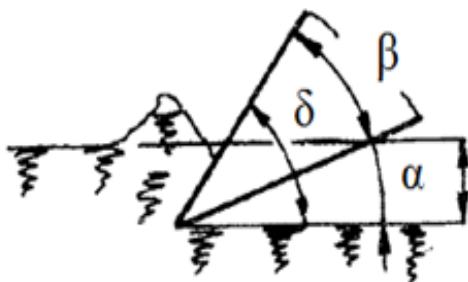
Pro správnou konstrukci pracovního nástroje a nadimenzování rozpojovacího zařízení je nezbytně nutná znalost silových účinků, které v procesu rozpojování působí. Pracovní nástroj je ta část stroje, která bezprostředně působí na horninu prostřednictvím břitů a má za účinek její rozpojování.

Pracovní nástroj může být součástí radlice, korečku, lopaty, rotoru, frézy, rozrývače, společným znakem všech ale je, že odebírají třísku horniny, přičemž působí na masiv rypnou silou vyvíjenou zdrojem energie.



Obrázek 1 Základní typy nástrojů v mechanickém rozpojování[2]

Na rozpojování má největší vliv úhel řezu  $\delta$ , mezi jeho hodnotou a odporem rozpojování existuje závislost dosahující za určitých podmínek minima. Uvažujeme-li nůž s  $\delta=90^\circ$  a kolmý k povrchu rozrušované horniny, potom se snižováním úhlu a při zachování ostatních podmínek potřebná rypná síla klesá.



Obrázek 2 Schéma úhlů na pracovním nástroji[2]

Ne vždy lze z konstrukčních důvodů použít optimální úhly. Aby se zamezilo tření mezi horninou a nástrojem i při jeho zahlubování, je nutné volit úhel hřbetu  $\alpha$  minimálně  $5^\circ$  (běžně  $5-12^\circ$ ). Pro zajištění dostatečné tuhosti ostří a odolnosti proti opotřebení by úhel břitu  $\beta$  neměl překročit  $30^\circ$  (obvykle  $20-25^\circ$ ). Z uvedeného jasně vyplývá závěr, že minimální úhel řezu  $\delta$  je  $25^\circ$ , v praxi spíše  $30^\circ$  a více.

Základním požadavkem na konstrukci pracovních nástrojů je dosažení optimálních parametrů, tedy:

- minimální spotřeba energie pro proces rýpání
- dostatečná tuhost a pevnost pracovního nástroje
- maximální možná životnost aktivní části nástroje

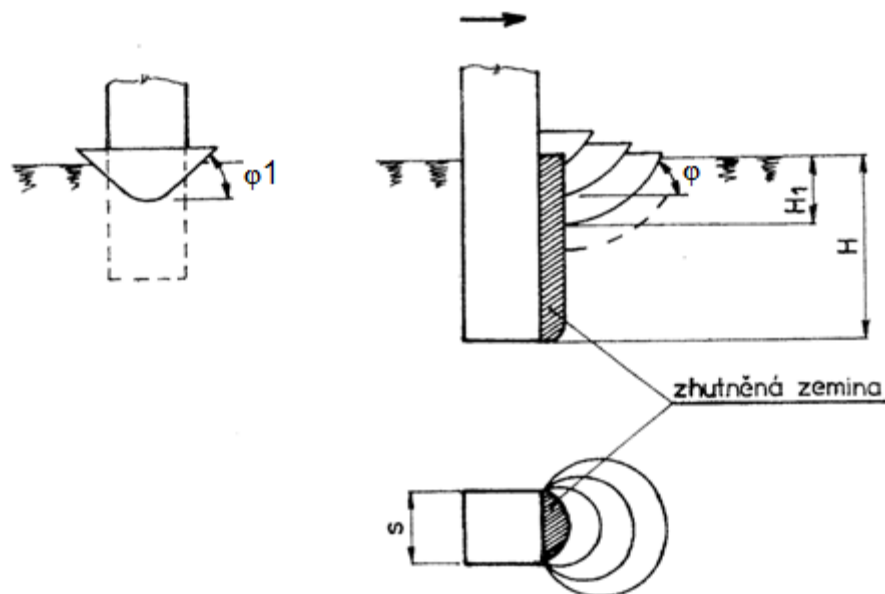
Pracovní nástroj může být součástí radlice, korečku, lopaty, rotoru, frézy, rozrývače, společným znakem všech ale je, že odebírají třísku horniny, přičemž působí na masiv rypnou silou vyvíjenou zdrojem energie.

S ohledem na pojezd stroje rozlišujeme také tři možnosti pracovního režimu:

- Pracovní pohyb zprostředkovává podvozek stroje (nakladače, dozery, grejdry), režim je tedy charakterizovaný značnými odpory proti pohybu stroje, jehož rypná síly závisí na schopnosti přilnavosti stroje k pojezdové rovině.
- Pracovní pohyb zprostředkovávají speciální pracovní mechanismy stroje, zatímco samotný podvozek je relativně v klidu (vrtací soupravy, lopatová rypadla). Podvozek stroje bývá zaaretován podpěrami. Maximální rypná síla je omezena stabilitou stroje.
- Pracovní pohyb je dán kombinací pohybu podvozku stroje a speciálními pracovními mechanismy (kolesová rypadla, půdní frézy, korečková rypadla). Rychlost pohybu pracovních mechanismů je podstatně větší než rychlost pojezdu podvozku stroje a proti překročení maximální rypné síly se používají speciální pojistná zařízení.



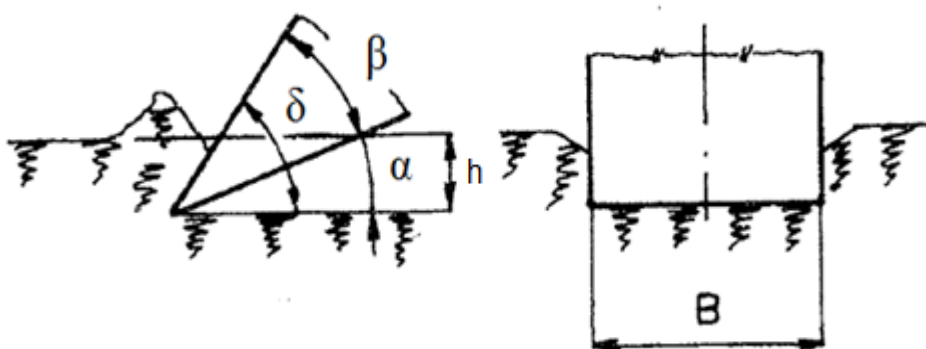
## Procesy probíhající při práci zubu vertikálního nože:



Obrázek 3 Řezný proces svislého nože[2]

- před čelní stěnou zubu vzniká v hornině napětí, jehož důsledkem v horní části je vznik smykových ploch, narušení horniny a její vynášení na povrch. Kritická hloubka  $H_1$  a sklon smykových ploch  $\phi$  je dán druhem horniny, sklonem zubu ve směru pohybu (úhlem řezu) a tloušťkou zubu
- v dolní části je hornina vytlačována převážně do stran a vzhledem ke stoupající ulehlosti horniny se zvětšující se hloubkou vzrůstá i normálový tlak
- vytlačováním horniny do stran vzniká napětí a trvalé deformace v hornině, vzniknou smykové plochy a narušení i po stranách zubu až po kritickou hloubku
- před čelem bříty se vytváří za určitých podmínek aktivní klín horniny, který pak způsobuje, že na čele zubu (nože) vzniká místo tření horniny o ocel, tření horniny o horninu
- vlivem pružných deformací horniny dochází ve spodní části zubu k tlaku na jeho boční stěny a na spodní stěnu. V tomto případě dochází k rozpojování v oblasti nadkritické a podkritické

## Procesy probíhající při čelním řezání pomocí horizontálního nože:



Obrázek 5 Řezání horniny vodorovným hladkým nožem[2]

- zatlačení nože do horniny, což má za následek vznik oblasti napětí, ve které pak za stavu mezní rovnováhy dochází ke vzniku smykových ploch, jejichž sklon závisí na druhu a stavu horniny, řezném úhlu  $\delta$  a na hloubce řezání  $h$
- při dalším pohybu nože dochází k oddělení třísky, jejímu posuvu po vynášecí ploše a současně zatlačení břitu pro oddělení třísky
- vlivem napětí na čele nože, které se přenáší i do stran a vlivem soudržnosti horniny na bocích závisí kritická hloubka vylamování  $h_k$  a sklon bočního rozšíření na druhu horniny a na vlivu napětí z čelní plochy
- určitá část nože v hloubce seřezává nerozpojenou horninu, tato část je svírána horninou vlivem pružných deformací, dochází k tření na stěnách
- vlivem opotřebení břitu (neostrosti) dochází k zatlačování horniny do dna a pak vlivem pružných deformací dochází ke tření břitu o dno rýhy
- při dalším postupu horniny je nutno překonat odpory spojené s přesunem horniny při zaplňování pracovního nástroje, případně mezi horninou pohybující se třísky a horninou v pracovním nástroji, někdy dochází i k hrnutí již odřezané horniny

Tabulka 6 Třídění hornin dle ČSN 73 3050


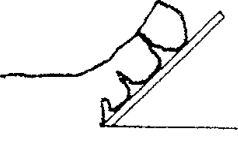
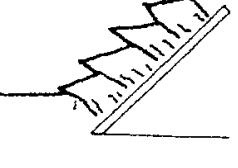

TŘÍDA	HORNINA	TECHNOLOGIE ROZPOJOVÁNÍ
1	<b>Sypké zeminy:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Lehce rozpojitelné soudržné, měkké konzistence (ornice, hlína)</li> <li>b) Nesoudržné kypré (písek, písek se štěrkem, písčité štěrky a drobný štěrky se zrny do 2 cm bez omezení a se štěrky zrny od 2 do 5 cm v množství menším než 10% objemu z celkového objemu rozpojované horniny 1. třídy)</li> <li>c) Stavební odpad a navážka obdobného charakteru jako horniny zařazené do 1. třídy</li> </ul>	Lze nabírat lopatou, nakladačem, zemní vrtací práce
2	<b>Horniny lehce rozpojitelné:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Lehce rozpojitelné soudržné, tuhé konzistence: (Ornice, hlína, prachová hlína, písčité hlína, hlinitý písek)</li> <li>b) Nesoudržné, středně uhlé: (Písčité štěrky a střední štěrky se zrny do 5 cm bez omezení a štěrky zrny od 5 do 10 cm v množství menším než 10% z celkového objemu rozpojované horniny 2. třídy)</li> <li>c) Stavební odpad a navážka obdobného charakteru jako horniny zařazené do 2. třídy.</li> </ul>	Lze nabírat lopatou, nakladačem, zemní vrtací práce
3	<b>Kopné horniny:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) Středně rozpojitelné: (Hlína, spraš, jílovitá hlína, písčité jíl a jíl)</li> <li>b) Nesoudržné uhlé: (Hrubý písčité štěrky a hrubý štěrky se zrny do 10 cm bez omezení a s kameny největšího rozměru 10 až 25 cm v množství menším než 10% objemu z celkového objemu rozpojované horniny 3. třídy.</li> <li>c) Nesoudržné, zařazené do 2. a 3. třídy se soudržným tmelem měkké a tuhé konzistence, nesoudržné, zařazené do 2. a 3. třídy se soudržným tmelem pevné a tvrdé konzistence</li> <li>d) Skalní a poloskalní silně zvětralé, s velmi oslabenou strukturní vazbou, technicky hodnocené jako jílovito-písčité a skeletové horniny, popř. zvětraliny.</li> <li>e) Stavební odpad a navážka obdobného charakteru jako horniny zařazené do 3. třídy</li> </ul>	Rozpojitelné krumpáčem, rypadlem, zemní vrtací práce

4	<b>Drobivé, pevné horniny:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) jemnozrnné, pevné a tvrdé konzistence, jíł, písčité jíł, jílovitá zemina, písčité hlína;</li> <li>b) písčité a šterkovité se zrny 100-250 mm do 50%, se zrny nad 250 mm do 10% objemu, např. kameny, šterk s balvany, hrubý šterk, drobný a střednězrnný šterk s jílovitým nebo hlinitým tmelem;</li> <li>c) horniny navětralé až zvětralé, jako navětralé jílovce, prachovce, tufy, tufity, zvětralé pískovce a břidlice, zvětralé vápence a opuky;</li> <li>d) skalní rozrušené, zvětralé, rozpukané;</li> <li>e) zeminy kašovité a tekuté konzistence, <math>IC &lt; 0,05</math> jako bahnitý náplav, tekutý písek;</li> <li>f) stavební odpad a navážka podobného charakteru</li> </ul>	Rozpojitelné ostrým koncem krumpáče, rozpojitelné klínem, rypadlem, zemní vrtací práce
5	<b>Lehce trhatelné horniny:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) zeminy písčité a šterkovité se zrny 100-250 mm nad 50%, se zrny nad 250 mm do <math>0,1 \text{ m}^3</math> v objemu 10-50%, popř. spojené jemnozrnným tmelem;</li> <li>b) hrubý šterk s kameny a balvany, středně a hrubozrnný šterk s jílovitým nebo hlinitým tmelem;</li> <li>c) horniny pevné, zdravé, ve vrstvách do 15 cm, např. slepenec s jílovitým tmelem, jílovec, jílovité břidlice, písčité břidlice, travertin, pískovec s jílovitým tmelem, fylity, chloritové břidlice, opuka;</li> <li>d) skalní, porušené, navětralé, rozpukané s diskontinuitami vzdálenými od sebe do 15 cm;</li> <li>e) navážka podobného charakteru,</li> <li>f) zmrzlé zeminy</li> </ul>	Rozpojování explozivním způsobem, rozrývačem, těžkým rypadlem, zemní vrtací práce
6	<b>Těžko trhatelné horniny:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) zeminy písčité a šterkovité s balvany do <math>0,1 \text{ m}^3</math> nad 50% objemu, s balvany nad <math>0,1 \text{ m}^3</math> do 50%;</li> <li>b) skalní zdravé, s hustotou diskontinuit do 1 m, jako granitoidy, diority, pórovité bazaltoidy, fylitické břidlice, hrubé slepence, aglomeráty, vápence, droby, pískovce</li> </ul>	Rozpojování explozivním způsobem, zemní vrtací práce
7	<b>Velmi těžko trhatelné horniny:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>a) zeminy písčité a šterkovité se zrny nad <math>0,1 \text{ m}^3</math> nad 50% objemu;</li> <li>b) skalní zdravé, masivní s hustotou diskontinuit větší než 25 cm, např. křemence, slepence křemitým tmelem, rohovcové vápence, křemenné diority, andezity, fonolity, hrubě sloupcovité bazaltoidy, diabasy, granulity, amfibolity</li> </ul>	Rozpojování explozivním způsobem, zemní vrtací práce

Tabulka 7 Nasazení zemních strojů při rozpojování horniny příslušné třídy rozpojitelnosti

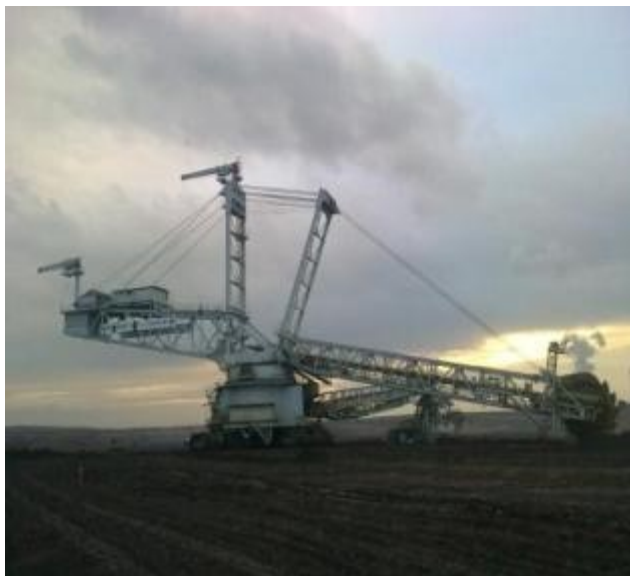
TŘÍDA HORNINY	ZEMNÍ STROJ VHODNÝ PRO ROZPOJOVÁNÍ
1.	Nakladače, Univerzální zemní stroje, Skrejpry, Rýpadla, Dozery, Grejdry, Rotační rozbíječ
2.	Nakladače, Univerzální zemní stroje, Skrejpry, Rýpadla, Dozery, Grejdry, Rotační rozbíječ
3.	Univerzální zemní stroje pouze s rýpacím zařízením, Skrejpry, Rýpadla s vyšším výkonem motoru, Dozery, Rotační rozbíječ, Rozrývače nesené dozery, Zemní vrtací stroje
4.	Rýpadla s vyšším výkonem motoru, Dozery s rozrývači, Rotační rozbíječ (STC), Zemní vrtací stroje
5.	Rýpadla velmi výkonná, Dozery s rozrývači, Rotační rozbíječ (STC), Zemní vrtací stroje
6.	Rozpojování explozivním způsobem, Zemní vrtací stroje
7.	Rozpojování explozivním způsobem, Zemní vrtací stroje

Tabulka 8 Závislost tvaru třísky na druhu rozpojované zeminy[2]

DRUH TŘÍSKY	ZEMINA	TVAR TŘÍSKY
Písčitá	písek, štěrk, rašelina, sypaná zemina	
Plynulá	vlhké soudržné zeminy, zeminy s travnatým povrchem	
Usmýkávaná	hlinitopísčité střední vlhkosti	
Vylamovaná	suché, soudržné zeminy	

## 2. KOLESOVÁ RYPADLA

Kolesová rypadla (v cizojazyčné literatuře často značena jako BWE neboli Bucket Wheel Excavators nebo obecně velkstroje) patří spolu s korečkovými do skupiny strojů s nepřetržitým pracovním cyklem. Jedná se vlastně o půdní frézky, které pomocí hlavního a vedlejšího řezného pohybu rozpojují těžený materiál. Co do velikosti se řadí mezi největší konstrukční zařízení, která zároveň splňují charakteristiku mechanismu.



Obrázek 6 SchRS 1550-výrobce Thyssen-Krupp (de)



Obrázek 7 KU 800-výrobce UNEX (cz)

Nejvíce jsou BWE používána pro rozpojování a nakládání uhlí a odklizových hlušin s měrným rozpojovacím odporem do cca  $120 \text{ kN} \cdot \text{m}^{-1}$ . V menší míře jsou kolesová rypadla nasazena i na rudných a nerudných lomech, ale třeba i ve stavebnictví při provádění velkých zemních prací (stavba hrází, realizace průsmyků, kanálů aj.).

V kombinaci s dálkovou pasovou dopravou jsou schopná dosahovat obrovských těžebních výkonů při nízké měrné spotřebě energie (teoreticky jsou v současné době při šířce pasu 2,8 m a rychlosti 7 m/s schopná odtěžit až  $30\,000 \text{ m}^3$  zeminy za hodinu). V SHR se používají především rypadla vyrobená firmou UNEX a KRUPP (viz obr. 6 a 7).

## 2.1 Historie a vývoj kolesových rypadel

Jestliže se můžeme opírat o patentovou literaturu, pak vývoj kolesových rypadel začal v roce 1881, kdy byl v USA C. A. Smithovi udělen patent na kolesové rypadlo s otočnou stavbou[2].

První stroje se objevily ve 20. letech minulého století, ale většího rozmachu se dočkaly až v letech 40. Začala se používat nová konstrukční řešení jako otočná horní stavba, říditelný housenicový podvozek nebo výsuv kolesového výložníku. Výkonnost těchto rypadel byla do 25 000 m<sup>3</sup> r.z. za den. Po druhé světové válce se začíná realizovat americký návrh bezkomorového kola, což s sebou přináší nárůst výkonnosti až na 240 000 m<sup>3</sup> r.z. za den.

V současnosti je největší do provozu uvedený velkostroj Bagger 293, vyrobený německou firmou TAKRAF sídlící v Lipsku. Je vysoký 96 metrů a váží 14 200 tun, má koleso o průměru 21,6 metru, které je osazeno 18 korečky, každý o objemu 6 600 litru.

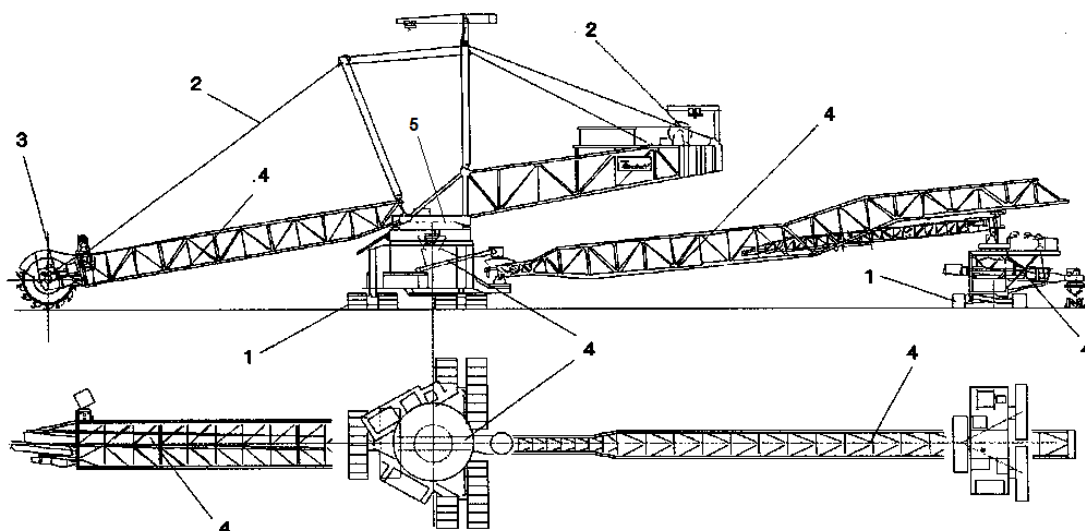


Obrázek 8 Bagger 293 Největší pozemní stroj na světě



Ačkoli je z mnoha příčin (dosahové parametry, těžební výkonnost, rozpojovací odpor) technické provedení rypadel rozdílné, obecně se dá říci, že základní části kolesového rypadla jsou:

- koleso
- dopravní cesty
- ústrojí otoče
- ústrojí pro zdvih a popř. výsuv kolesového výložníku
- pojezdové ústrojí (pásové, kráčivé)
- ocelová konstrukce rypadla



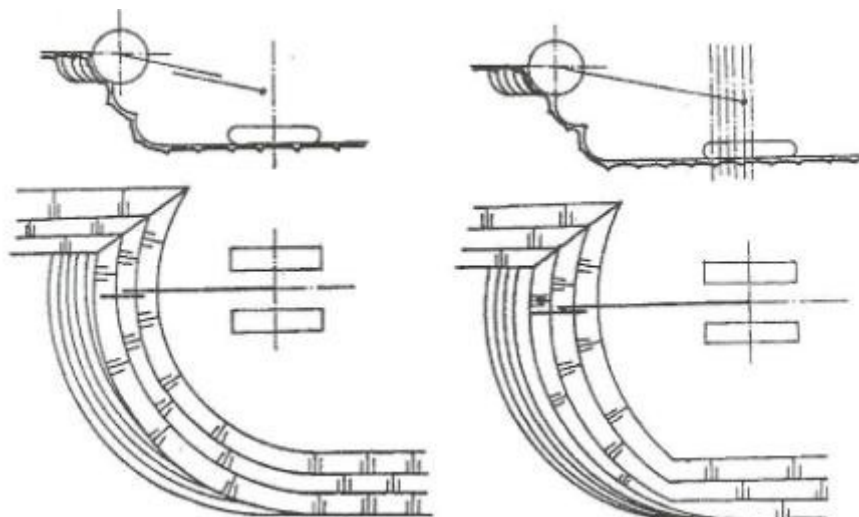
Obrázek 9 Hlavní části kolesového rypadla: 1)pojezdové ústrojí 2)zařízení zdvihu kolesového výložníku 3)koleso 4)dopravní cesty 5)ústrojí otoče horní stavby

## 2.2 Technologie dobývání kolesovými rypadly

Proces rozpojování je realizován kombinací hlavního a vedlejšího pracovního pohybu. U naprosté většiny provozovaných BWE je rozpojovací proces složen z hlavního a vedlejšího pohybu v následujícím smyslu-hlavní pohyb je samotné (konstantní) otáčení kola a vedlejší je buď otáčení horní stavby rypadla, které umožňuje plynulou změnu místa rozpojování v hornině ve vodorovném směru, nebo spouštění kolesového výložníku ve směru svislém. Běžnější je první způsob tj. tzv. lávkování.

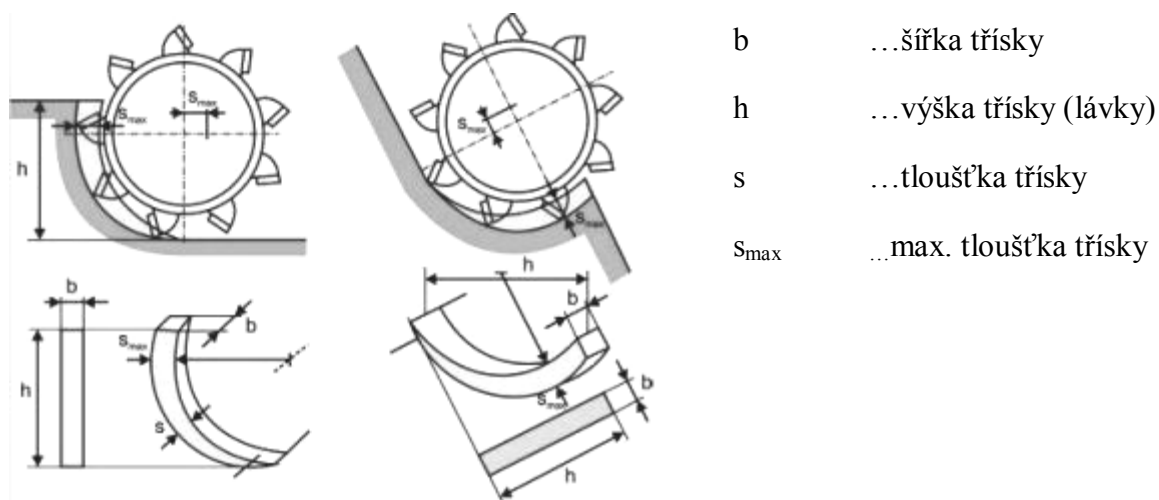


Po dosažení krajní polohy otoče dojde k reverzaci smyslu otáčení a přemístění kola směrem do těženého bloku výsuvem kolesového výložníku nebo-u bezvýsuvových velkstrojů-pojezdem celého stroje (viz obr. 10).



Obrázek 10 Tvary štěpin: vlevo-u velkstroje s výsuvem, vpravo-u bezvýsuvového stroje[3]

Hlavní parametry třísky jsou na obrázku 11:



Obrázek 11 Tvar třísky: a) při vertikální tříse-těžba lávkováním, b) horizontální tříse-těžba spouštěním

Základním dobývacím ústrojím kolesového rypadla je koleso s pohonem, osazené korečky. Koleso je vytvořeno prostorově vyztuženým rámem ve tvaru plochého válce nebo komolého kužele, který se otáčí kolem střední osy. Po obvodě je koleso osazeno korečky, které rozpojují těživo.

Základní parametry dobývacího ústrojí kolesových rypadel:

- Průměr kola
- Délka kolesového výložníku
- Počet korečků, jejich konstrukce a tvar
- Obvodová rychlost kola

### **Postup při návrhu dobývacího ústrojí:**

#### **1. Základní rozměry a počet korečků, dbát na:**

- Úplné naplnění korečku
- Zabezpečení přípustné kusovitosti těživa
- Minimální spotřeba energie
- Stabilní zatížení dobývacího orgánu v pracovním procesu

#### **2. Průměr kola:**

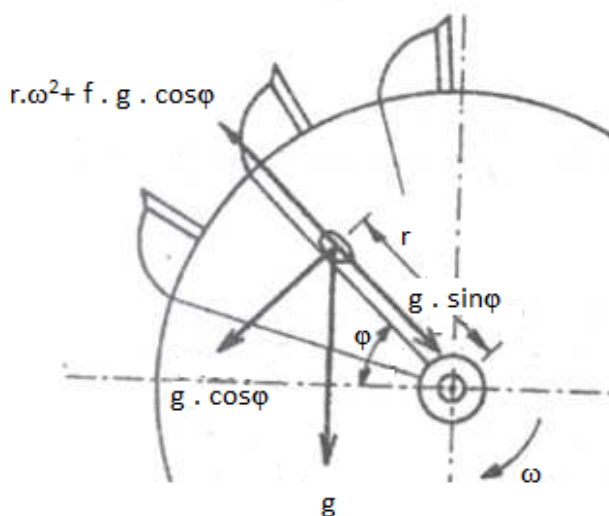
- Kvůli teoretické výkonnosti určit úhlovou rychlost kola a s tím i rychlost otoče horní stavby a rozsah regulace
- Jaké bude v kolese vynášecí zařízení ovlivní rozmístění ostatních zařízení na špičce kolesového výložníku tedy i úhel kolesové špičky a tím i dosahové parametry velkstroje

#### **3. Délka kolesového výložníku musí zabezpečit:**

- Minimální bezpečné vzdálenosti pojezdového ústrojí od dobývaného bloku
- Vytěžení dobývaného bloku podle projektu
- Dovolené úhly sklonu a zdvihu kolesového výložníku

**Obvodová rychlost** je důležitým parametrem pro návrh konstrukce kola. Ačkoli se vzrůstající obvodovou rychlostí roste teoretická výkonnost stroje, kvadraticky se zvyšuje i odstředivá síla, která působí v korečku na těživo a znemožňuje tak jeho dokonalé vyprazdňování.

## Teorie gravitačního vyprazdňování[2]



Obrázek 12 Teorie gravitačního vyprazdňování[2]

Při pohybu zrna materiálu na ploše skluzu v kolese směrem k výsypu působí proti pohybu odstředivá síla ( $r \cdot \omega^2$ ) a tření ( $f \cdot g \cdot \cos\varphi$ ). Ve směru pohybu působí pouze složka hmotnosti zrna ( $g \cdot \sin\varphi$ ).

Vyřešením dané rovnováhy dostaneme rovnici, kdy zemina z korečku nevypadne:

$$v_{max} = 2,21 \cdot \sqrt{D} [m \cdot s^{-1}] \quad [2.1]$$

V literatuře se nejčastěji objevuje vztah:

$$v = k_v \cdot v_{max} [m \cdot s^{-1}] \quad [2.2]$$

kde:

$k_v$ ...rychlostní součinitel, který respektuje např. nalepování zeminy, třecí účinky atd. Proto se tedy musí  $v_{max}$  snížit a jeho praktická dosažitelná hodnota se uvádí asi 50%  $v_{max}$ . [2]

## 2.3 Konstrukce koles

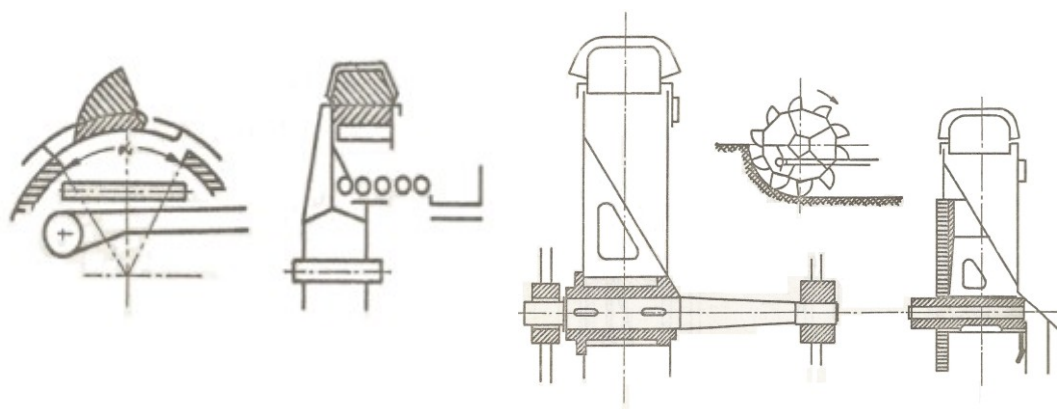
Jak je patrné z předchozího textu lze kolesa dělit podle vyprazdňování na:

- Kolesa s gravitačním vyprazdňováním
- Kolesa s nuceným vyprazdňováním
- Kolesa s odstředivým vyprazdňováním

V naprosté většině případů se používá systém koles s gravitačním vyprazdňováním. Ostatní způsoby zůstaly pouze ve stadiu experimentů či výzkumu, jehož snahou bylo vyhnout se hlavnímu negativu u gravitačního vyprazdňování, a to je ta skutečnost, že jedinou cestou jak dosáhnout vyšších výkonů, je zvětšování průměru kola a počtu korečků, což s sebou nese nežádoucí nárůst hmotnosti na špičce kola. Následující konstrukce koles tedy využívají gravitační vyprazdňování.

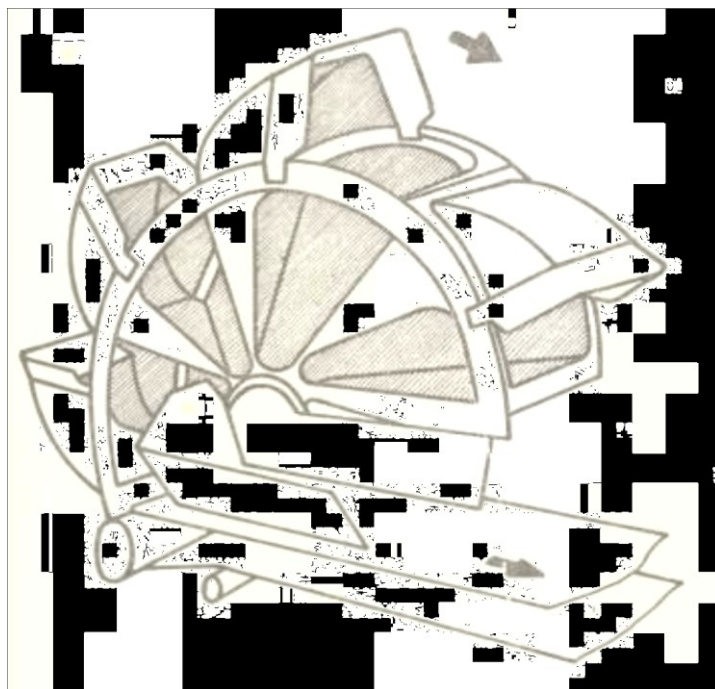
Podle konstrukčního provedení dělíme kolesa na:

- Komorová
- Polokomorová
- Bezkomorová



Obrázek 13 Vlevo – bezkomorové koleso s válečkovým roštem, vpravo-komorové a polokomorové koleso[5]

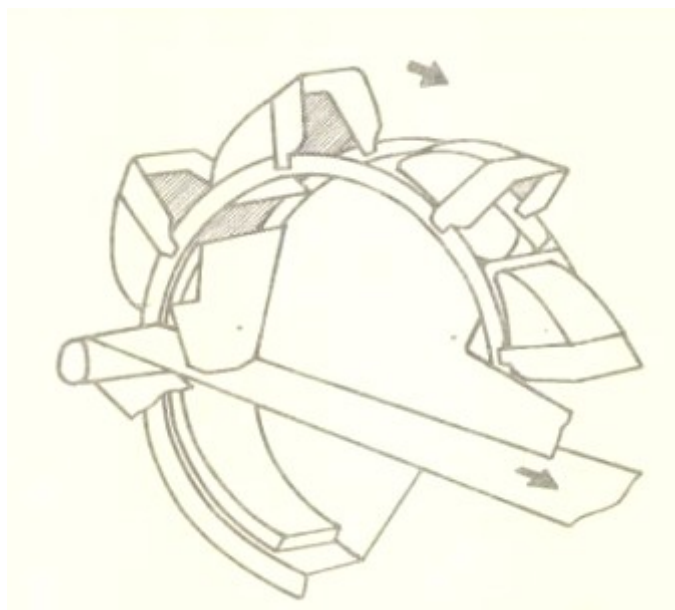
## Komorová kola



Obrázek 14 Komorové koleso[2]

Jedná se o vývojově nejstarší typ kola. Pod každým korečkem je kuželovitá komora zajišťující přemístění těživa na následný pásový dopravník. Mezi hlavní přednosti této konstrukce patří jeho značná tuhost-je tedy vhodné pro těžbu tvrdých materiálů. Toto řešení se používalo pro obvodovou rychlost do  $3 \text{ m.s}^{-1}$  a pro pohon přes pastorek a ozubený věnec. Při vyšší obvodové rychlosti a těžbě lepivých materiálů však docházelo k nedokonalému vyprazdňování a zalepování komor. Absence schopného zmechanizování čištění komor a nemožnost dosažení vyšších výkonů kvůli malé obvodové rychlosti proto vedly k vývoji bezkomorových kol.

## Bezkomorová kola

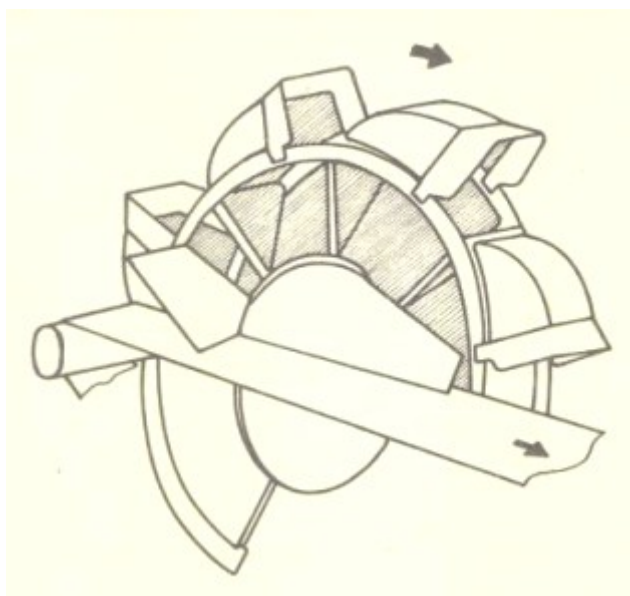


Obrázek 15 Bezkomorové koleso[2]

Za cenu snížení tuhosti kola došlo k vývoji bezkomorových kol. U těchto kol se zvětšila možná obvodová rychlost, zlepšilo se gravitační vyprazdňování, konstrukce kola umožňuje instalaci zařízení pro čištění nálepů v korečkách.

Pod nosným obvodem kola je umístěn pevný otěrový prstenec, který uzavírá prostor korečků až do okamžiku výsypu v horní části otáčení kola.

## Polokomorová kola



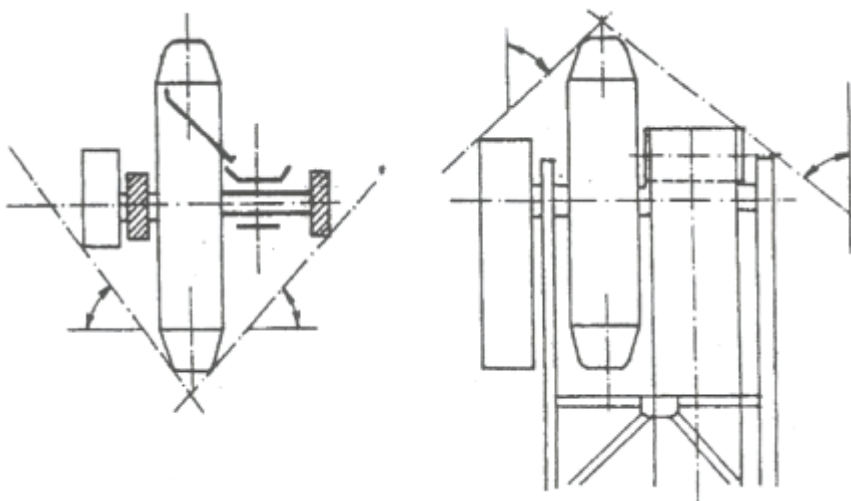
Obrázek 16 Polokomorové koleso[2]

Myšlenka použít výhody a vyvarovat se nevýhod obou předchozích řešení vedla ke konstrukci polokomorového kola jako kombinaci komorového a bezkomorového kola. Obecně se dá říci, že se jedná o vhodné řešení pro kola velkých průměrů.

## 2.4 Uložení kola v konstrukci špičky kolesového výložníku

Ocelová konstrukce kolesového výložníku, v níž je hřídel s kolem umístěna, je prostorový nosník konstruovaný tak, aby vertikální síly zachytávala jiná část konstrukce než síly vodorovné. Uložení kola ve špičce a tedy uložení hřídele má vliv na:

- Vrcholový a obrysový úhel špičky kolesového výložníku v horizontální a vertikální rovině
- Rypné odpory a plnění korečků
- Vyprazdňování korečků
- Přístupnost ložisek uložení kola
- Zamezení rušivých hran oproti dopravnímu pásu

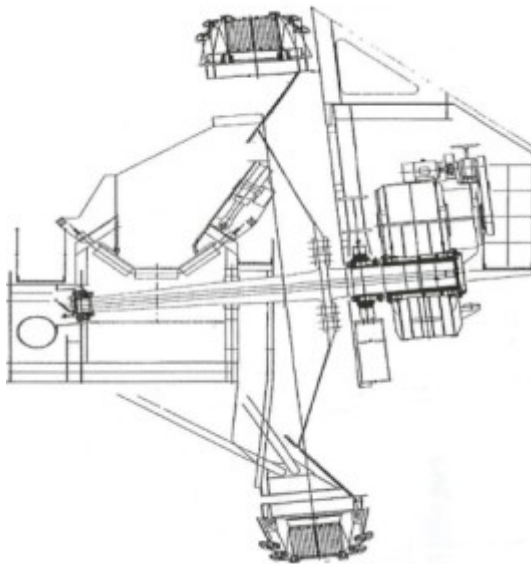


Obrázek 17 Vrcholový úhel špičky kolesového výložníku: vlevo-ve svislé rovině, vpravo-v rovině vodorovné[3]

## 2.5 Přenos krouticího momentu od pohonu na koleso

Jako u každého složitějšího zařízení došlo i u velkostrojů při přenosu krouticího momentu od pohonu na koleso k určitému vývoji. V prvopočátku se používalo pohonu přes pastorek na ozubený věnec, následně byl hnaný přímo hřídel kola a používalo se různých způsobů zajištění přenosu sil. Jedním z dalších řešení je použití více menších pohonů.





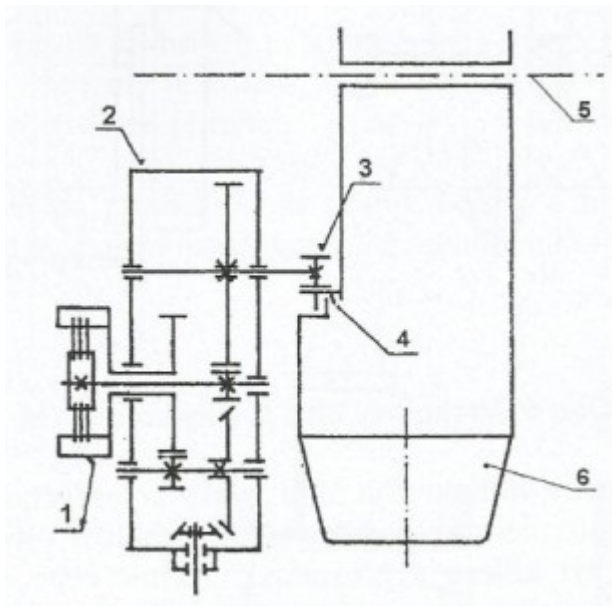
Obrázek 18 Koleso připevněné na dutém hřídeli přes přírubu, hřídel kola v duté hřídeli převodové skříň pomocí svěrných pouzder RINGFEDER

Přenos krouticího momentu a zamezení proti otočení na hřídeli se hlavně u starších typů velkostrojů řešilo používáním drážkových hřídelí spolu s dělenými kuželovými pouzdry.

Nevýhodou tohoto spojení se ukázalo být jeho obtížná až nemožná rozebíratelnost. Nynějším trendem je používání svěrných pouzder např.

RINGFEDER, BIKON nebo přenos momentu přes přírubu nebo kombinace obou.

## Pohon ozubeným věncem



Obrázek 19 Schéma pohonu ozubeným věncem-1)lamelová spojka 2)převodová skříň 3)pastorek 4)ozubený věnec 5)hřídel kola 6)koleso[3]

Koleso může být uloženo na hřídeli otočně i pevně. Krouticí moment je přiváděn přes kuželočelní převodovou skříň na pastorek, který zabírá do ozubeného věnce. Ten se skládá ze segmentů připevněných pomocí šroubů a střížných pouzder přímo v tělese kola.

Tento způsob byl používán především u starších velkostrojů (K 1000, K 300), které se při dobývání osvědčily.

Velkou výhodou tohoto druhu pohonu je získání vysokého převodového poměru při nízké hmotnosti, jednoduchost pohonu, snadná montáž i demontáž, vzhledem k umístění pohonu výhodný vrcholový úhel kolesového výložníku.



Bohužel není možné dlouhodobě a dokonale utěsnit věnec tak velkého průměru, což z dlouhodobého hlediska vede k opotřebovávání vlastního ozubení, a tedy ke snížení výkonnosti, spolehlivosti a zvýšené potřebě údržby popř. výměny segmentů ozubeného věnce či pastorku.

## Pohon kola přes středovou hřídel

Nevýhody uvedené u pohonu ozubeným věncem vedly k řešení, kdy jsou veškerá soukolí umístěna v převodové skříni, která je letmo nasunuta na hřídeli kola. Přenos momentu na hřídel se realizuje pomocí vícedrážek nebo svěrného spojení. Toho se využívá i při přenosu krouticího momentu z hřídele na koleso popř. se přenos realizuje

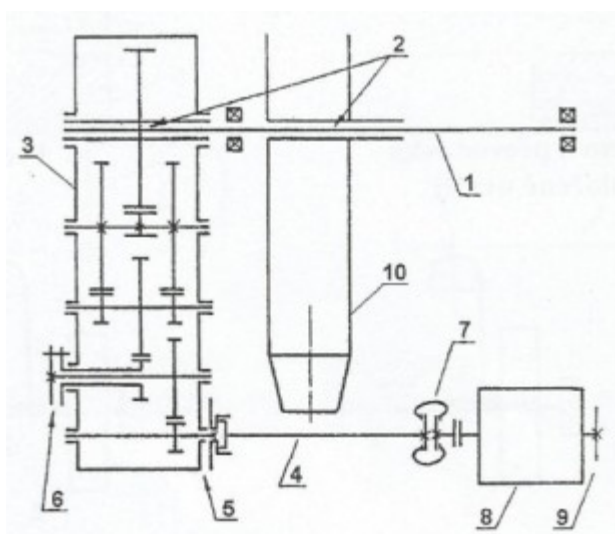
přes příruby.

Převodová skříň je u tohoto způsobu nasunuta na hřídeli buď jednostranně, nebo oboustranně.

U jednostranného pohonu je převodová skříň nasunuta letmo na hřídel kola a záchyt reakce je proveden pomocí pružného uložení

s tlumičem do ocelové konstrukce kolesového výložníku, u oboustranného pohonu je záchyt

proveden dvojicí táhel. Spojení mezi motorem napevno umístěným v konstrukci a převodovkou se realizuje např. kardanovou hřídelí.

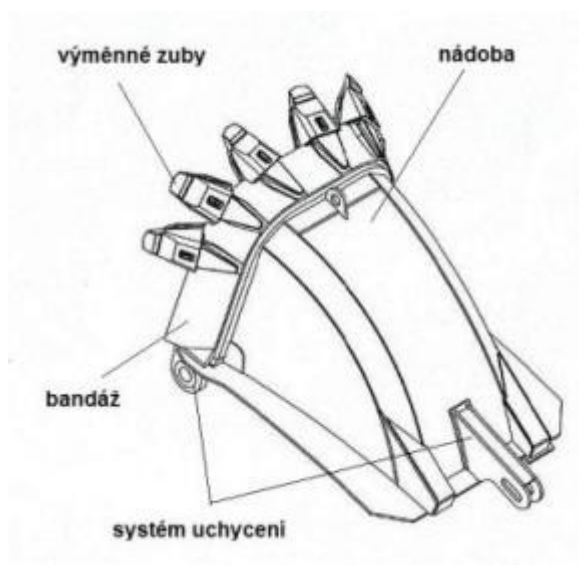


Obrázek 20 Schéma pohon centrální hřídelí-jednostranný-  
1)hřídel 2)drážkové spojení 3)převodová skříň 4)spojovací  
hřídel 5)spojka 6)pojistná spojka 7) spojka Periflex  
8)motor 9)kotoučová brzda 10)koleso[3]

## 2.6 Korečky

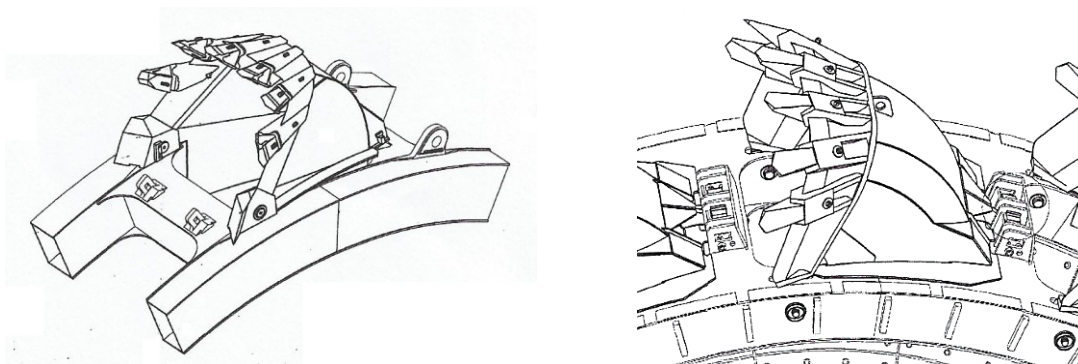
Korečky jsou vlastním dobývacím a rozpojovacím orgánem kolesových rypadel. Z hlediska efektivity provozu kolesových rypadel je to jeden z nejdůležitějších prvků dobývacího ústrojí stroje. Hlavní části korečku (viz obr. 21) jsou:

- Bandáž
- Nádob
- Zuby nebo břity
- Závěsný systém



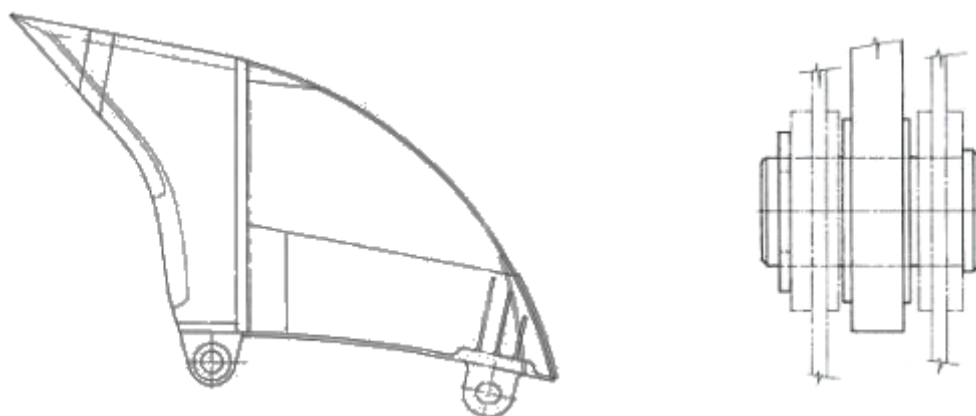
Obrázek 21 Hlavní části korečku

Korečky jsou rovnoměrně rozmístěné po obvodě kola a jsou připevněny pomocí čepů a šroubových popř. klínových spojů na nebo do věnce kola (viz obr. 22).

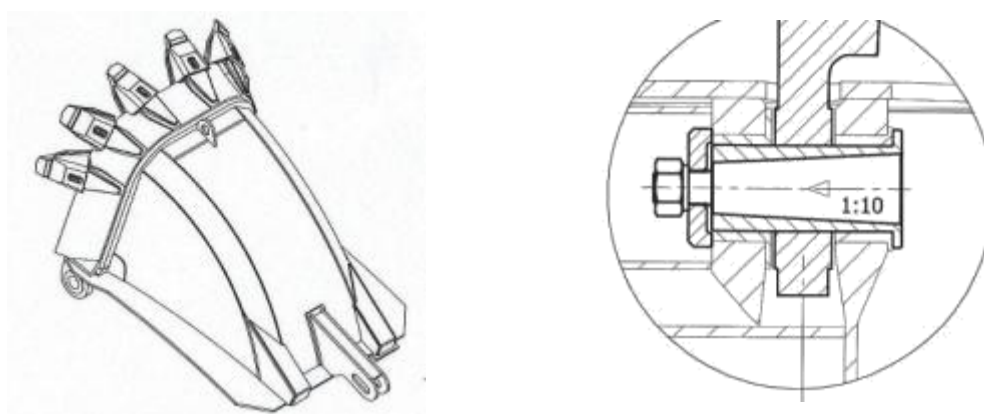


Obrázek 22 Systém uchycení korečků: vlevo-uchycení do závěsů na kolese, vpravo-závěsy na korečku jsou uchyceny do věnce kola

Z původního čtyřbodového zavěšení-4 čepy-( viz obr. 23)se postupně upouští, neboť se zjistilo, že dochází k nadměrnému vytlačování děr v závěsných okách korečku nebo praskání kalených pouzder. V praxi se osvědčilo 3 bodové zavěšení (viz obr. 24), kdy je zadní část je zajištěna klínem a na bandáži je koreček uložen na čepech. Nejnověji se používají kuželové čepy a dělená pouzdra.



Obrázek 23 Čtyřbodové zavěšení korečku a detail čepového spojení



Obrázek 24 Tříbodové zavěšení korečku a detail použitého spojení pomocí kuželového čepu

## Hlavní části konstrukce korečku:

### **Bandáž (nůž):**

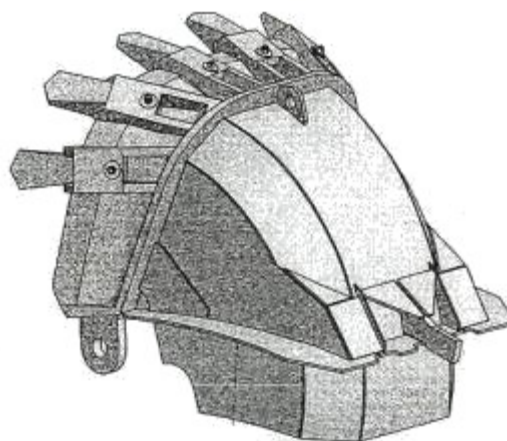
je masivní rám (o síle cca 40 mm), na který se umístí zuby nebo břity. Je vystavena zejména značnému abrazivnímu opotřebení, a proto se jedná ve většině případů o tvarově složitý odlitek z ocelolitiny nebo oceli s vyšším obsahem manganu, který zajistí dobrou otěruvzdornost i svařitelnost, popř. jde o svařenec. V místě pracovního styku s materiálem bývá bandáž opatřena ochranným návarem (tvrdokovem, CORTHAL) nebo jinou ochrannou vrstvou např. otěruvzdornými nosníky TUFFSTUDDS HCI/HCA-58.



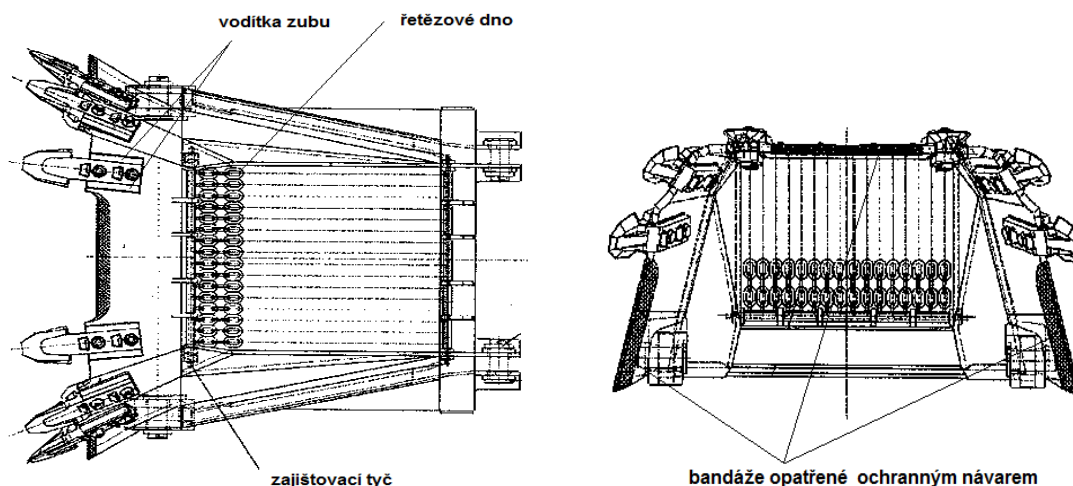
Obrázek 25 Špička bandáže opatřená ochrannými nosníky TUFFSTUDDS

### **Nádoba:**

je výlisek z plechu nebo svařenec z válcovaných plechů (např. 11 523). Tvar nádoby je odvislý od požadovaného objemu korečku a zároveň musí zajistit správné vyprázdnění-při těžbě jílovitých zemín je nádoba opatřena řetězovým dnem (viz obr. 27) nebo pryžovými pásy a v konstrukci uchycení kola je navíc umístěn stírací nůž pro případné odstranění nálepů z korečku. V praxi se dobře osvědčily korečky o objemu kolem 1 m<sup>3</sup>, při dané obvodové rychlosti kola splňují požadavky na správné vyprázdnění. Pro těžbu kusovitého materiálu se osvědčilo prodloužit nádobu (viz obr. 26) a ochránit tak vlastní konstrukci kola.



Obrázek 26 koreček s prodlouženou nádobou



Obrázek 27 Koreček s řetězovým dnem

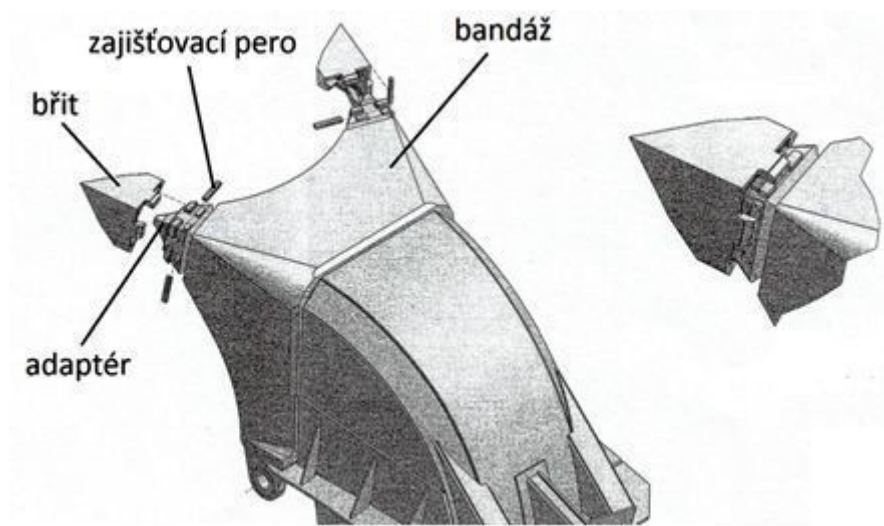
### **Zuby nebo břity:**

-stejně jako bandáže jsou namáhány otěrem, proto se jedná o odlitky z oceli s obsahem manganu (např. 42 2712.5) se zaručenou svařitelností. Vhodnost použití zubů nebo břitů závisí na těživu, které bude stroj dobývat. Břity se používají pro dobývání pevných a sypkých materiálů a zubů se používá na těžbu houževnatých hornin, neboť se na jejich řezných hranách koncentruje tlakové napětí a tím dochází k trhání těženého materiálu.

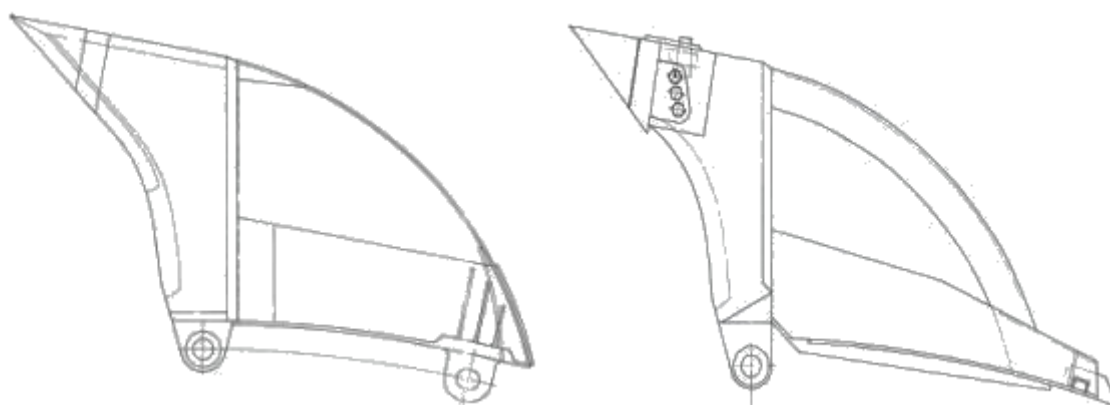
### **Břity**

mohou být konstruovány jako výměnné nebo pevné. Přestože se především kvůli potřebě snížení prostojů spojených s výměnou poškozených korečků pracuje na vývoji vyměnitelných břitů, dá se obecně říci, že dnes nejrozšířenějším řešením je použití pevných břitů. Šrouby připevněné výměnné břity často poškodily samotnou bandáž tím, že jí při svém vlastním poškození roztrhly. Lité břity, které se pomocí zajišťovacích per upevňovaly na adaptéry přivařené na bandáž, zase po max. 3-4 výměnách zdeformovaly bandáž, navíc se toto řešení ukázalo jako velmi nákladné.

Prakticky jedinou v současnosti využívanou variantou tedy jsou pevné břity spojené s bandáží pomocí svarového spoje. Řezná hrana je vyvýšena nad úroveň bandáže, čímž zvyšuje její životnost. Další výhodou je neustálé ostření břitu vlastním opotřebováváním.



Obrázek 28 Koreček s vyměnitelnými litými břity zajištěnými pomocí per



Obrázek 29 Vlevo-břity napevno-spojení svařem, vpravo-vyměnitelné břity zajištěné šroubovým spojením

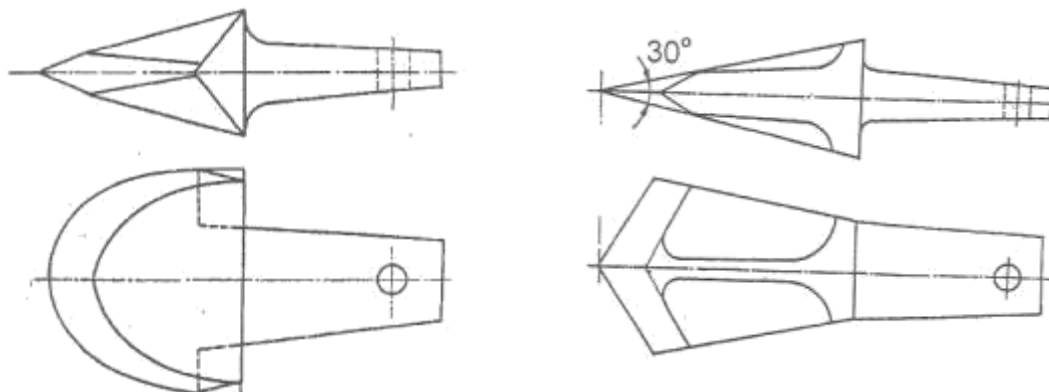
## Zuby

jsou vždy konstruovány jako výměnný prvek, jedná se o odlitky z ocelolitiny s pevností 1200-1800 MPa při vrubové houževnatosti 35 respektive 15 J.cm<sup>-2</sup>. Obvykle je jich sudý počet nejčastěji 6 nebo 8.

Existuje několik tvarů zubů-pro snadnější vnikání do těžného materiálu při proměnlivé rychlosti otoče se osvědčil zub kopinatého tvaru (viz obr. 30), který se vyznačuje vysokou štíhlostí, samoostřícím účinkem a nízkou hmotností. V místě přechodu patky do dříku však vzniká vrub, který v případě střetu zubů s proplástkem způsobuje jejich lámání. Řešením pro tyto negativní jevy je upravený zub, kdy se zkrátilo

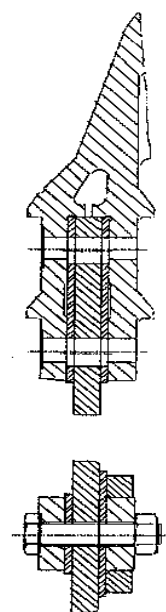


ostří zubu, a upravil se tvar v místě přechodu z patky na dřík. Toto řešení je však při dobývání abrazivního těživa poznamenáno sníženou životností.



Obrázek 30 Základní tvary zubů: vlevo-zub pro dobývání proplátek, vpravo-kopinatý zub[3]

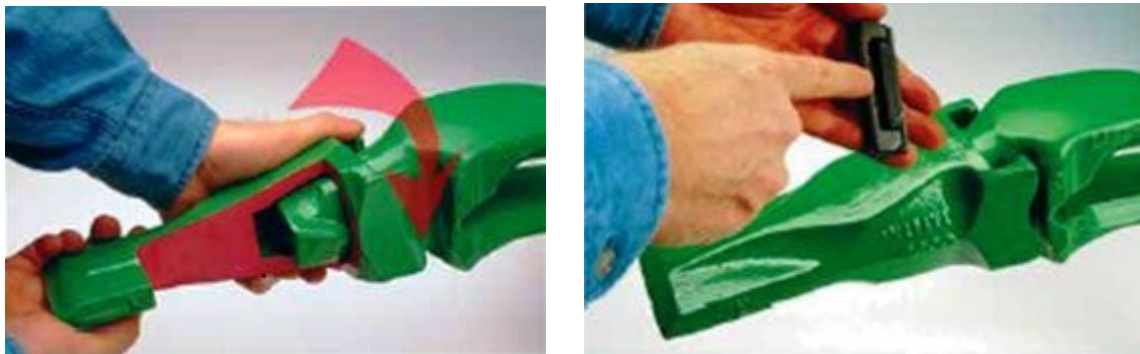
K nejčastějším způsobům uchycení zubů patří šroubové spojení. Zuby samotné jsou pak vsazeny do adaptérů nebo má tělo tvar třmenu (viz obr. 31) a pro správné vedení je použito vodítek.



Obrázek 31 Zub s uchycením pomocí třmenu (SchRS 1550)

Jak už bylo naznačeno zuby jsou vždy uchyceny za pomoci rozebíratelného spojení. Výše zmíněné způsoby představují i pro zkušenou osádku velkostroje zhruba 5-10 minutový prostoje na výměnu jednoho zubu, podle míry poškození zubu, znečištění korečku od těživa apod. Nejlepších výsledků a tudíž i nejmenších prostojů se např. v Severočeských dolech dosáhlo používáním zubů s výměnnými břity od firmy ESCO.

Zjednodušeně se jedná o systém bajonetu, kdy se zub nasadí pootočením na adaptér, který je pomocí svarového spojení připevněn na bandáži korečku, a zajistí se patentovaným pružným perem (viz obr. 32).

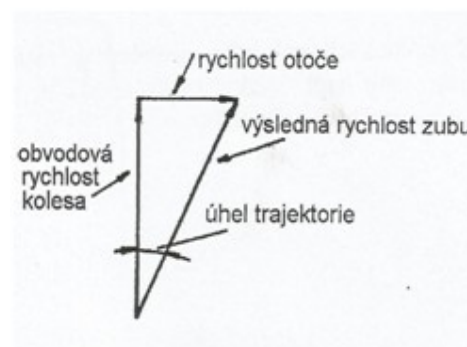
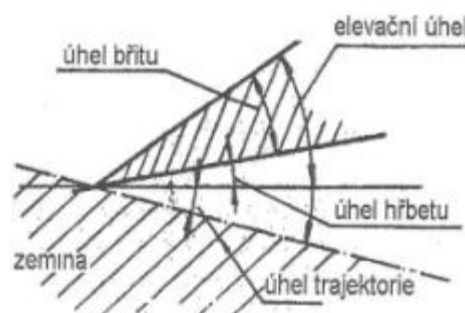


Obrázek 32 Systém upevnění zubu ESCO

## 2.7 Geometrie pracovních břitů

Správná geometrie břitů a zubů ovlivňuje životnost rozpojovacích orgánů rypadla a velikost potřebné rypné síly. Proto je potřeba dodržet vhodné úhly:

- Elevační úhel-**maximálně 51°**-úhel, pod kterým je odrýpnutá zemina zdvíhána ze svého původního uložení-jeho velikost ovlivňuje celkový odpor zeminy proti vnikání nástroje.
- Úhel trajektorie-jak je patrné z obrázku, úhel trajektorie závisí na obvodové rychlosti kola a rychlosti otoče. Rypadla s regulací otáček kola jsou výjimkou, proto ve většině případů je velikost obvodové rychlosti neměnná a výsledná rychlost zubu a úhel trajektorie závisí pouze na rychlosti otoče. **Maximum 10°, doporučené optimum 7°.**



Obrázek 33 Úhly na břitu zubu[3]



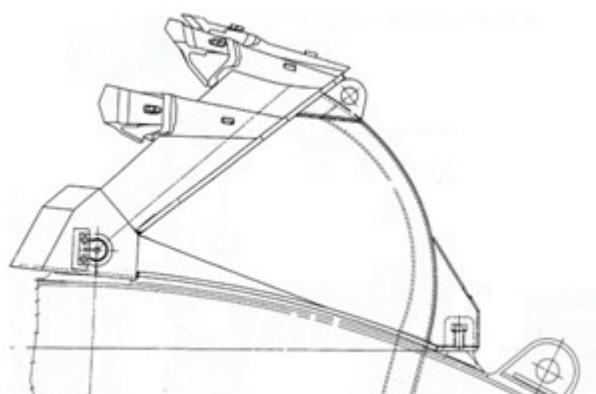
- Úhel hřbetu  $\alpha$ -minimálně  $4^\circ$ -úhel odlehčení-zamezuje tření hřbetu bříty nástroje o těženou zeminu. Závisí na pružnosti těživa. Z praxe je jako optimum odvozeno  $12^\circ$ , protože z důvodu pružnosti vlastní ocelové konstrukce stroje dochází ke vtahování kola do dobývaného materiálu.

**Maximální úhel bříty  $\beta$**  dostaneme prostým odečtením výše zmíněných úhlů tedy:

$$\beta = 51 - 7 - 12 = 32^\circ,$$

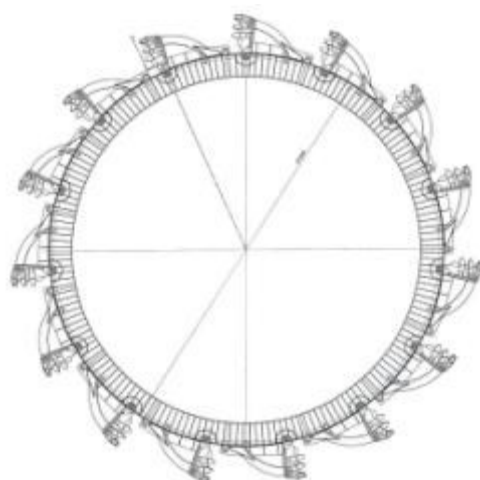
přičemž možnost dosažení této hodnoty závisí na mechanických vlastnostech materiálu použitého k výrobě břitů.

Pro ideální namáhání bříty je nutné osu zubu nastavit přesně do tečny jeho pracovní trajektorie, což vzhledem k proměnlivé rychlosti otoče není možné uskutečnit v plném rozsahu-v důsledku toho ale dochází i k ohybovému namáhání bříty.

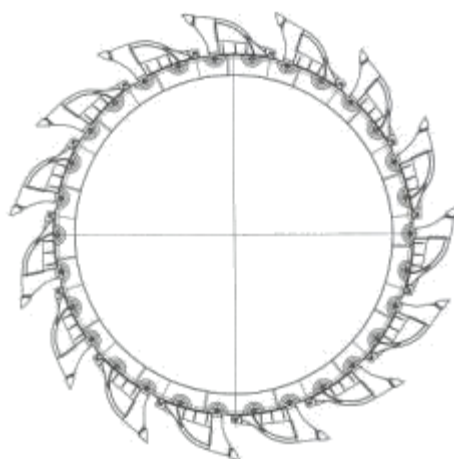


Obrázek 34 Koreček pro postupné rýpání

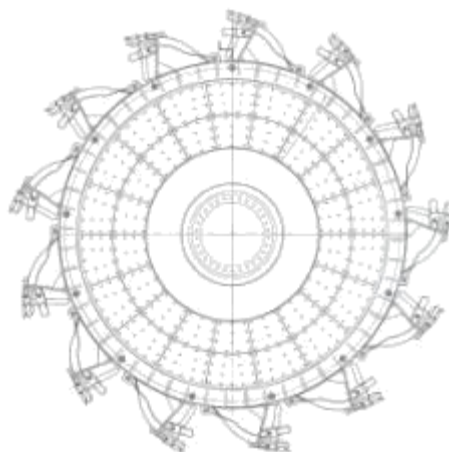
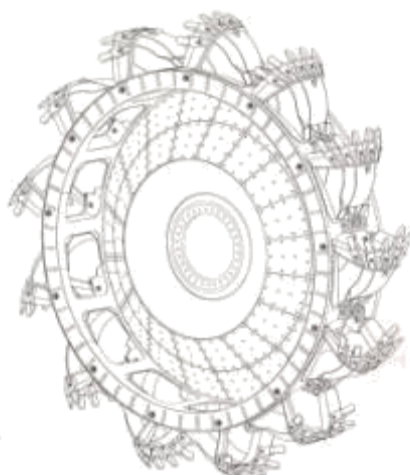
Dalším řešením jak ovlivnit řezné vlastnosti a geometrii řezu je náklon resp. záklon nože korečku. Ačkoli světová literatura popisuje i koreček se záklonem  $45^\circ$  pro tzv. postupné rýpání, v praxi se úhel záklonu ustálil okolo  $19-20^\circ$  pro korečky osazené zuby. Pro korečky opatřené bříty se využívá výhradně nulový záklon, který vychází z potřeby trhání těžného materiálu bříty.



Obrázek 35 Nulový záklon nože korečku osazeného zuby



Obrázek 36 Nulový záklon nože korečku osazeného výměnnými břity



Obrázek 37 Nůž korečku se záklonem osazený zuby

## 2.8 Výpočtové vztahy pro kolesová rypadla

**Rovnice pro výpočet měrné rozpojovací síly připadající na délkový metr řezné hrany současně zabírajících korečků:**

$$F_{stc} = \frac{232 \cdot P - Q \cdot D \frac{\gamma}{2,14}}{\sqrt{Q \cdot D \cdot s + 1,57D \cdot s \cdot r}} \quad [\text{kNm}^{-1}]. \quad [3.1]$$

kde:

$P$	[kW]	...výkon pohonu kola
$Q$	[m <sup>3</sup> ·h <sup>-1</sup> ]	...hodinová výkonnost
$D$	[m]	...průměr kola
$\gamma$	[t·m <sup>-3</sup> ]	...měrná hmotnost dobývané zeminy
$s$	[min <sup>-1</sup> ]	...počet výsypů
$r$	[m]	...poloměr zaoblení řezné hrany korečku

**Výkon pohonu kola:**

$$P = \frac{P_r + P_z}{\eta_c} \quad [\text{kW}] \quad [3.2]$$

kde:

$P_r$	...výkon pro rozpojení horniny
$P_z$	...výkon potřebný pro vyzvednutí těživa do místa výsypu
$\eta_c$	...mechanická účinnost kola (0,75-0,85),

přičemž:

$$P_r = F_r \cdot v \quad [\text{kW}] \quad [3.3]$$

kde:

$v$	[m·s <sup>-1</sup> ]	...obvodová rychlost kola
$F_r = k_f \cdot L_s$	[kN]	...rozpojovací síla

[3.4]

přičemž:

$k_f$  [kN. m<sup>-1</sup>] ...měrný rozpojovací odpor hornin (20-120kN. m<sup>-1</sup>)

$L_s$  [m] ...střední délka řezných hran v záběru

Pro střední délku řezných hran v záběru  $L_s$  platí, že:

$$L_s = \frac{z_k}{2\pi} \left[ \varepsilon \cdot b + \left( \frac{3\varepsilon}{\pi} - 0,425 \right) \cdot (s_t + 0,7 \cdot r) \right] \quad [m] \quad [3.5]$$

kde:

$z_k$  ...počet korečků

$\varepsilon$  [rad] ...úhel záběru kola

$s_t$  [m] ...tloušťka třísky

$b$  [m] ...šířka třísky

$r$  [m] ...poloměr zaoblení korečku ( $r=0,1-0,3m$ )

### **Parametry třísky:**

#### **a) u rypadel s výsuvem:**

$$b = \sqrt{\frac{Q_t}{60 \cdot h_t \cdot \psi \cdot n_v \cdot k_n}} \quad [m] \quad [3.6]$$

$\psi = \frac{s_t}{b}$  tedy poměr tloušťky a šířky;  $\psi_{opt} = 1,45$

přičemž:

$Q_t$  [m<sup>3</sup>s. z. h<sup>-1</sup>] ...teoretická výkonnost

$h_t$  [m] ...výška třísky, tj. lávky ( $h=(0,5-0,65)$  průměru kola)

$n_v$  [min<sup>-1</sup>] ...počet výsypů

$k_n$  ...koeficient nakypření těživa (1,3-1,6)

V případě použití kola s mezibřity:

$$b = \sqrt{\frac{Q_t}{120 \cdot h \cdot \psi \cdot n_s \cdot k_n}} \quad [\text{m}] \quad [3.7]$$

$$s_t = b \cdot \psi \quad [\text{m}] \quad [3.8]$$

**b) u rypadel bez výsuvu:**

$$v_{o\varphi} = \frac{v_o}{\cos \varphi_n} \quad [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}] \quad [3.9]$$

kde:

$v_o$   $[\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$  ... rychlost otoče v ose postupu stroje

$\varphi_n$   $[\circ]$  ... úhel natočení kolesového výložníku

$$b_\varphi = \frac{b}{\cos \varphi_n} \quad [\text{m}] \quad [3.10]$$

kde:

$b$   $[\text{m}]$  ... šířka třísky v ose postupu stroje

a

$$s_\varphi = s \cdot \cos \varphi_n \quad [\text{m}] \quad [3.11]$$

kde:

$s$   $[\text{m}]$  ... tloušťka třísky v ose postupu stroje

**Výkon potřebný pro vyzvednutí těživa do místa výsypu:**

$$P_z = \frac{Q_1 \cdot \gamma_o \cdot h_z \cdot g}{3600 \cdot k_n} \quad [\text{kW}] \quad [3.12]$$

přičemž:

$\gamma_o$   $[\text{t} \cdot \text{m}^{-3}]$  ... objemová hmotnost horniny (1,8-2,2)

$h_z$   $[\text{m}]$  ... výška zdvihu těživa do místa výsypu

## **Teoretická výkonnost kolesových rypadel:**

$$Q_t = 60 \cdot q \cdot s \quad [\text{m}^3 \text{s. z. h}^{-1}] \quad [3.13]$$

kde:

$q[\text{m}^3]$  ...objem výsypu

$s[\text{min}^{-1}]$  ...počet výsypů

### **Pro komorová kola:**

$$q = q_k \quad [\text{m}^3]$$

kde:

$q_k[\text{m}^3]$  ...objem korečku

### **Pro bezkomorová kola:**

$$q = q_k + 0,5 \cdot q_m \quad [\text{m}^3] \quad [3.14]$$

kde:

$q_m [\text{m}^3]$  ...objem mezikruží

### **Počet výsypů:**

$$s = \frac{60 \cdot v \cdot z_k}{\pi \cdot D} \quad [\text{min}^{-1}] \quad [3.15]$$

kde:

$v [\text{m} \cdot \text{s}^{-1}]$  ...obvodová rychlost kola

$z_k$  ...počet korečků

$D [\text{m}]$  ...průměr kola

## 2.9 Výpočet teoretické výkonnosti pro zadané hodnoty:

### Zadání:

Proveďte základní výpočet teoretické výkonnosti pro rypadlo s 15 korečky a otáčkami kola 4,5-6 ot.  $\text{min}^{-1}$ , volím 5. Objem korečku je 1300 l.

Pro výpočet použijí dříve uvedené vzorce.

### Počet výsypů s obecně:

$$s = z_k \cdot n = 15 \cdot 5 = 75 \text{ min}^{-1}$$

kde:

$z_k$  ...počet korečků

$n$  ...otáčky kola

### Objem výsypu $q$ :

$$q = q_k + 0,5 \cdot q_m$$

Jestliže se objem mezikruží obvykle [2] definuje jako polovina objemu korečku, lze potom napsat, že:

$$q = 1,25 \cdot q_k \quad [5.1]$$

po dosazení tedy:

$$q = 1,25 \cdot 1300 = 1625$$

a

$$Q_t = 60 \cdot q \cdot s = 60 \cdot 1625 \cdot 75 = 7312,5 \quad [\text{m}^3 \text{s. z. h}^{-1}]$$

Teoretická výkonnost pro zadané hodnoty a navrhnutý koreček tedy činí 7312,5  $\text{m}^3 \text{s. z. h}^{-1}$ .

### 3. ZÁVĚR

Dle zadání bakalářské práce byl proveden konstrukční návrh korečku s vyměnitelnými břity o obsahu 1 300 l. Za břity byly zvoleny praxí osvědčené výměnné zuby od firmy ESCO s bajonetovým uchycením a zajištění pomocí pružného pera. Výkresy sestavy korečku se zuby a detail uchycení zubu jsou součástí přílohy této práce.

Na začátku práce je obecně zmíněna analýza procesu rozpojování, včetně tabulek s mechanickými vlastnostmi hornin a způsoby těžby, jako úvod do problematiky dobývání.

Dále je stručně popsána historie a vývoj kolesových rypadel a uveden popis částí velkstrojů, které nejbližší souvisejí s problematikou dobývání kolesovými rypadly a mají více či méně vliv na tvar a konstrukci korečků jako:

- konstrukce koles
- uložení kolesa ve špičce kolesového výložníku
- přenos krouticího momentu od pohonu na koleso

V souladu se zadáním práce obsahuje řešerši korečků, v tomto případě popis hlavních částí a jejich vývoj tak, jak se ubírá především na SD a.s.

Poslední částí práce je výpočet teoretické výkonnosti pro zadané hodnoty a navržený koreček, která činí  $7312,5 \text{ m}^3\text{s. z. h}^{-1}$ .



## Použitá literatura

- [1]CELJAK I. *Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací*. Interní učební text. České Budějovice. 2009
- [2]JEŘÁBEK, K., aj. *Stroje pro zemní práci: Silniční stroje*. 2. vyd. Ostrava: Katedra hornických strojů, 1996.
- [3]GONDEK H., ŠEVČÍK A. *Těžební a zpracovatelské stroje II*. Dotisk I. vydání. Ostrava. 2010. ISBN 978-80-248-1273-1
- [4]*Wikipedie:Otevřená encyklopedie:Bucket wheel excavator*[online].c2012[cit. 10. 3. 2012]. Dostupný na: [http://en.wikipedia.org/wiki/Bucket-wheel\\_excavator](http://en.wikipedia.org/wiki/Bucket-wheel_excavator)
- [5]HAVELKA J., aj. *Příručka řidičů velkostrojů a kolesových nakladačů*. Most. 1991
- [6]ŘASA J., ŠVERCL J. *Strojnické tabulky. I*. vydání. 2007. ISBN 978-80-86960-20-3
- [7]GONDEK H., ŠEVČÍK A. *Stroje pro těžbu a zpracování užitkových surovin I*. Vydala: VŠB-TUO. Ostrava. 2006. 102 s. ISBN 80-248-1040-9

## Seznam příloh

- Příloha č. 1 – výkres korečku o objemu 1300 l
- Příloha č. 2 – výkres sestava korečku 1300 l s vyměnitelnými zuby ESCO V51AD
- Příloha č. 3 – výkres detailního uchycení zubu ESCO V51AD